

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

Olav Havn

Bacheloroppgave

Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnittere

Yield registration in meadows - NIR sensor on self-propelled forage harvesters

Bachelor i agronomi

2021

Forord

Gjennom arbeidet med denne oppgaven har jeg fått et godt innblikk i erfaringene rundt NIR sensor og avlingsregistrering i eng. Jeg har ingen tilknytning til de involverte varemerkene, og det finnes derfor ingen interessekonflikter. Arbeidet har vært interessant, lærerikt og spennende. Jeg vil rette en spesielt stor takk til veileder Svein Øivind Solberg for gode innspill og veiledning.

Videre vil jeg også takke Bjørn Dybo Breivik, Harald Velde, Egil Christopher Hoen, Morten Øverli og Espen Syljuåsen for deres bidrag i form av intervjuer til oppgava.

Signatur:

Olav Havn

Blæstad, 01. Juni 2021

Innhold

| | |
|---|-----------|
| NORSK SAMMENDRAG | 6 |
| ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT) | 7 |
| 1. INNLEDNING | 8 |
| 2. TEORI - BAKGRUNN | 9 |
| 2.1 GROVFÔR | 9 |
| 2.1.1 <i>Grasarter</i> | 9 |
| 2.1.2 <i>Grønnfôr og helgrøde</i> | 10 |
| 2.1.3 <i>Fôrmais</i> | 10 |
| 2.1.4 <i>Høstetidspunkt og fôr kvalitet</i> | 10 |
| 2.1.5 <i>Ensilering</i> | 11 |
| 2.1.6 <i>Ensileringsmidler</i> | 12 |
| 2.1.7 <i>Lagringsmetode for grovfôr</i> | 12 |
| 2.1.8 <i>Selvgående finsnittere - mekaniseringlinjer for gras</i> | 13 |
| 2.1.9 <i>Grovfôrkostnader</i> | 14 |
| 2.1.10 <i>Avlingsregistrering – dagens metoder</i> | 14 |
| 2.2 NIR SENSORIKK I HØSTEMASKINER..... | 16 |
| 2.2.1 <i>HarvestLab</i> | 16 |
| 2.2.2 <i>Claas NIR</i> | 16 |
| 2.2.3 <i>Virkemåte NIR</i> | 17 |
| 2.2.4 <i>Presisjonslandbruk</i> | 18 |
| 3. MATERIAL OG METODE | 19 |
| 4. RESULTATER | 21 |
| 4.1 BJØRN DYBO BREIVIK – CLAAS NIR | 21 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2 | EGIL CHRISTOPHER HOEN – JOHN DEERE HARVESTLAB | 22 |
| 4.3 | HARALD VELDE – CLAAS AVLINGSREGISTRERING | 24 |
| 4.4 | MORTEN ØVERLI – JOHN DEERE HARVESTLAB | 26 |
| 4.5 | ESPEN SYLJUÅSEN | 27 |
| 5. | DISKUSJON | 30 |
| 6. | KONKLUSJON | 35 |
| | LITTERATURLISTE | 36 |

Norsk sammendrag

Selvgående finsnittere er godt utbredt i Norge og det er flere som har begynt å ta i bruk NIR sensor og utstyr for avlingsregistrering i eng. I denne oppgava har jeg undersøkt hvilken nytteverdi dette utstyret har, brukervennligheten, nøyaktigheten og erfaringer knyttet til automatisk justering og dosering av snittelengde og ensileringsmidler.

Fem personer med tilknytning til utstyr for avlingsregistrering på selvgående finsnittere i Norge ble intervjuet over telefon og samtalene ble tatt opp. Intervjuene fulgte mal for åpne individuelle intervjuer.

Nytteverdien erfares i forhold til å kunne se avlingsvariasjoner på avlingskart og å kunne få en oversikt over høstet avlingsmengde og kvalitet. I tillegg blir avlingsdata noe brukt til variabel gjødseltildeling, men i mindre grad brukt til fôrplanlegging.

Brukervennligheten erfares god, men det krever en del kalibrering for å få riktig avlingsdata.

Nøyaktigheten for avlingsmengde erfares tilfredsstillende. NIR-verdiene er tilsynelatende nøyaktige under normale forhold, men under våte eller tørre forhold erfares nøyaktigheten mindre god.

Automatisk justering av snittelengde erfares som en nyttig funksjon. Funksjonen for automatisk dosering av ensileringsmidler blir i mindre grad brukt på grunn av eksterne doseringssystemer for syretilsetting.

Engelsk sammendrag (abstract)

Self propelled forage harvesters are widespread in Norway, and some have started to use NIR sensors and equipment for field registration in meadows. In this thesis I have examined the usefulness, the ease of use, the accuracy and the experiences of automatic adjustment of cut length and automatic dosage of ensiling agents.

Five persons with connection to equipment for field registration in meadows on self propelled forage harvesters in Norway were interviewed by telephone and the conversations were recorded. The interviews followed the template for open individual interviews.

The usefulness is experienced to be able to discover crop variations on crop maps and to get an overview of harvested crop quantity and quality. In addition, crop data is somewhat used variable fertilizing. Feed planning is used to a lesser extent.

The ease of use is experienced well, but some calibration is required to get correct crop data.

The accuracy of the crop quantity is experienced satisfactorily. The NIR values are apparently accurate under normal conditions, but under wet or dry conditions the accuracy is less good.

Automatic adjustment of cut length is experienced as a useful feature. The function for automatic dosing of ensiling agents is used to a lesser extent due to external dosing systems for acid fluids.

1. Innledning

Dyrking av gras og fôr til grovfôrbaserte husdyrproduksjoner er en svært viktig del av det norske landbruket. Dette har sammenheng med at Norges langstrakte land ligger i ytterkanten av dyrkingsområdet for en del matvekster av stor betydning. Melk og storfekjøtt utgjør den viktigste produksjonen, når man ser på arealbruk og inntekt (Knutsen, 2016).

NIR-sensorer til avlingsregistrering i eng er et veldig aktuelt tema i dagens jordbruk og i fremtiden. Det er flere som har belyst behovet for enklere metoder til å registrere avling i eng. Å vite næringsinnholdet i grovfôret er sentralt i fôringsplanlegginga, men avlingsregistrering dreier seg om mer enn det. Avlingskartene inneholder mye informasjon som kan brukes til å forbedre engas potensiale, øke avlinger, balansere gjødsling og bidra til forskning. I kombinasjon med teknisk utstyr og NIR-sensor kan ensileringsmidlene doseres riktig og snittelengda tilpasses tørrstoffinnholdet for å kunne gi best mulig ensilering. Sagt med andre ord har det potensiale til å øke inntjeningen på gården.

Selvgående snittere er godt utbredt i Norge og det er noen gårdbrukere/entreprenører som også har tatt i bruk NIR-sensor på deres snitter. Det har vært knyttet en viss usikkerhet rundt nøyaktigheten til sensorene og om de derfor er verdt investeringen. Hva skal man med en dyr sensor dersom den ikke er presis nok? Flere går kanskje og lur på om de skal investere, men sitter med en del spørsmål.

I denne oppgava ønsker jeg derfor å se nærmere på brukererfaringene brukerne og forhandlerne av HarvestLab 3000 og Claas NIR har gjort seg så langt.

Følgende problemstillinger undersøkes:

- Hvilken nytteverdi har HarvestLab 3000 / Claas NIR
- Hvor nøyaktige er målingene?
- Hvordan er brukervennligheten?
- Hva er erfaringene rundt automatisk justering/dosering av snittelengde og ensileringsmidler?

Oppgaven er bygget opp av en teori/bakgrunns-del, før metode og material forklares. Videre er resultatene presentert før dette diskuteres i diskusjonsdelen.

2. Teori - bakgrunn

2.1 Grovfôr

2.1.1 Grasarter

Grovfôr, som er eneste realistiske planteproduksjon over store deler av landet, er en felles betegnelse på fôrmidler som inkluderer gras, i form av surfôr, beite og høy, halm og grønnfôrvekster (Ystad, Henriksen, Næss, Walland, & Steinshamn, 2020). For å ta ut store avlinger av god kvalitet må det brukes riktige grasarter og sorter av disse for å utnytte de driftstekniske- og dyrkningstekniske forholdene best mulig. Dette har innvirkning på driftsøkonomien på den enkelte gård (Grønnerød, Frøblandinger til eng og beite, 1993). Eng kan dyrkes i reinbestand, men det mest vanlige er nok en frøblending av flere arter som kan utfylle hverandre og gi flere fordeler over tid. De fleste grasartene til etablering av eng er flerårige. I Felleskjøpets grovførkatalog deles engfrøblandingene inn etter blant annet bruksområde og vinterstyrke (Felleskjøpet, 2020). Grasartene som dominerer mest i blandingene til surfôr er timotei (*Phleum pratense*), engsvingel (*Festuca pratensis*), rødkløver (*Trifolium pratense*) og flerårig raigras (*Lolium perenne*). Førstnevnte er den mest brukte og viktigste (Molteberg, 2021). I klimatisk krevende områder langt nord og høyt over havet brukes mest vinterherdige sorter av timotei og engsvingel. I bedre egnet områder brukes mer yterike sorter av disse, og i kystnære strøk på Sør- og Vestlandet brukes en større andel flerårig raigras, både i blanding og reinbestand. Utover dette brukes også andre arter når forholdene krever arter med spesielle egenskaper (Felleskjøpet, 2020). Forsker Liv Østrem ved NIBIO mener det er store fordeler ved å nytte frøblandinger med mange arter på bakgrunn av at det er mange lokale faktorer som påvirker engas utvikling (Arstein, 2021). De beste egnede artene vil da utvikle seg best.

Grasartene kan også deles inn kategoriene bladgras og strågras. Disse egenskapene ved artene har praktiske konsekvenser i grasdyrkinga (Grønnerød, 1986). Bladgras har ofte en raskere gjenvekst enn strågras og avlinga blir som regel mer bladrik. Dette har sammenheng med at de fleste skuddene til strågras utvikler seg til nettopp strå. Bladene er ofte mer lettfordøyelige og næringsrike enn stenglene, men stenglene har et høyere innhold av fiber. Etter slått vil et bladgras fortsette og vokse fra der hvor det ble kuttet av. I tilfellet for strågras starter veksten ved at nye skudd fra roten av planta dannes. Dette tar lengre tid og krever mer opplagsnæring.

Av den grunn liker strågras dårlig hyppig slått/beiting. Typiske arter innen kategorien strågras er timotei, strandrør (*Phalaris arundinacea*) og bladfaks (*Bromopsis inermis*). Raigras, engsvingel, engrapp (*Poa pratensis ssp. pratensis*) og hundegras (*Dactylis glomerata*) er eksempler på bladgras. (Moen & Fisknes, 2005)

2.1.2 Grønnfôr og helgrøde

Grønnfôr og helgrøde består av ettårige vekster som høstes til grovfôr gjennom én vekstsesong. I vekstskifte med ensidig eng passer dette bra ettersom man har mulighet til ugrasbekjempelse, kalking og bryte ned gammel torv. Vekster som bygg, havre, hvete og ett- og toårig raigras (Westervoldsk (*Lolium multiflorum var. Westerwoldicum Lam.*) og Italiensk (*Lolium multiflorum var. italicum Lam.*)), erter, vikker og raps m.fl. blir brukt i reinbestand eller blanding til grønnfôr. Raigraset kan på lik linje med enga høstes flere ganger gjennom vekstsesongen. De andre vekstene høstes når de har nådd sitt vegetativt største potensiale. (Moen & Fisknes, 2005)

2.1.3 Fôrmais

I de mest gunstige klimatiske områdene i Norge kan man lykkes med dyrking av fôrmais. Fôrmais er et veldig verdifullt grovfôr til melkekyr og okser, mye på grunn av et høyt innhold av stivelse og fordøyelig fiber (Torp, 2021). I motsetning til gras som må høstes flere ganger gjennom sesongen høstes fôrmais en gang om høsten, med gode muligheter for store avlinger. Når maisen skal høstes bestemmes i stor grad ut ifra varmesummen, eller mer presist formulert som maisvarmegrader (MVE). Rundt 2400 MVE er ønskelig. I gode vekstsesonger vil dette målet fint oppnås tidlig på høsten, mens i dårlige vekstsesonger kan høstetidspunktet forskyves utover høsten. (Torp, 2021)

2.1.4 Høstetidspunkt og fôr kvalitet

Det er mange faktorer som virker inn på næringsinnholdet i enga og valg av høstetidspunkt. Produksjon, dyretall og gårdens ressurser danner grunnlaget for vinterens behov av avling. Dyr som produserer mye melk eller skal vokse trenger næringsrikt fôr, mens sinkyr/ammekyr og søyer i lavdirektighet klarer seg fint på mindre energirikt fôr. Når det er riktig å høste enga avhenger derfor av kvalitetsbehovet, konserveringsmetoden, innholdet av belgvekster, værforhold, jordforhold og høstekapasitet/mekaniseringslinje (Lunnan & Ebbesvik, Haustetidspunkt i eng, 2020).

Kvaliteten på graset blir i stor grad bestemt ut ifra høstetidspunktet, fordi dette har sammenheng med det morfologiske utviklingsstadiet til graset. Tidlig høstetidspunkt er definert som 1 uke før begynnende skyting, normalt høstetidspunkt er ca. 1 uke etter begynnende skyting og seint høstetidspunkt er når graset begynner å blomstre. Begrepet begynnende skyting er da definert som når noen få (2-10) strå per m² skyter. (Lunnan & Ebbesvik, Haustetidspunkt i eng, 2020)

Gras i et tidlig utviklingsstadium har høyest fôr kvalitet. Når man nærmer seg høsting og skyting i enga synker fôr kvaliteten. Fôrenhetskonsentrasjonen (FEM), protein-innholdet, sukker-innholdet og mineralinnholdet synker ved utsatt høstetid, mens fiber-innholdet (NDF) øker (Lunnan & Ebbesvik, 2020). Dette påvirker fordøyelighet og fôropptak. Utsetter man derimot høstetidspunktet har enga et høyt avlingspotensial med 10-15 kg TS per daa og dag. Samtidig faller fôrenhetskonsentrasjonen med 0,005 – 0,010 Fem/kg TS per dag normalt sett (Lunnan & Ebbesvik, 2020). Dette er derimot veldig avhengig av temperaturen. Varmt vær framskynder utviklinga og dermed kvalitetsnedgangen, i motsetning til kaldt vær. Døgngrader/varmesum er også et verktøy til å anslå grasetts kvalitet. Sagt med andre ord, næringsinnholdet i gras kan variere mye. En god forutsetning for riktig fôring vil da være å kjenne til avlinga både i mengde og kvalitet, slik at den totale fôrrasjonen til husdyrene blir riktig.

2.1.5 Ensilering

For å bevare næringsstoffene i graset så bra som mulig må graset ensileres. Gjæringsprosessen som skal gjøre surfôret stabilt kan forklares gjennom fem faser (Jørgensen, Kval-Engstad, & Mæhlum, 2020).

Første fase finner sted rett etter ilegging hvor de levende plantecellene fortsetter åndingen og forbruker det lille som er igjen av oksygen og lettløselige karbohydrater. Resultatet er at det dannes litt karbondioksid, vann og varme. For å redusere tapet i denne fasen er det viktig med god pakking for å fjerne luft. Det må skapes et anaerobt miljø. Kort snittelengde gir god pakking og er spesielt viktig ved sen høsting og mye fortørking. I andre fase blir det dannet mindre mengder eddiksyre av bakterier, deriblant koliforme bakterier. Fasen er kort. Først når man kommer til tredje fase starter melkesyrebakteriene å danne melkesyre ved å forbruke lettløselige karbohydrater. Syreinnholdet i grasmassen stiger, og pH synker. I fjerde fase innstiller det seg en likevekt og innholdet av melkesyre og pH holdes mer eller mindre konstant. Dersom det ikke dannes store nok mengder melkesyre til å senke pH-en i grasmassen

tilstrekkelig, vil det oppstå en femte fase. Her vil smørsyrebakterier gå løs på resten av karbohydratene og melkesyre, og danne smørsyre. Proteiner kan også brytes ned til ammoniakk. Den femte fasen er derfor ikke ønskelig. Fôret vil få redusert næringsverdi og redusert smakelighet. (Jørgensen, Kval-Engstad, & Mæhlum, 2020)

Fortørking har innvirkning på ensileringsprosessen. Med høyere tørrstoffinnhold trenger ikke pH senkes så mye for at fôret skal bli stabilt. Syreinnholdet reduseres. Naturlig gjæring er avhengig av at det er nok sukker i graset til melkesyrebakteriene. Under norske forhold har som regel graset et lavt sukkerinnhold i forhold til proteininnhold (Pettersson & Lindgren, 1990). Proteiner kan fungere som en buffer i kontakt med syre, slik at det kreves mer syre for å senke pH. Derfor kan det tilsettes ensileringsmidler for å få en bedre og sikrere ensileringsprosess.

2.1.6 Ensileringsmidler

Ensileringsmidlene deles inn i gjæringsstimulerende og gjæringshemmende. Sukkertilsetning, inokulanter, melkesyrebakterier og enzymer er stimulerende tilsetninger som skal hjelpe de riktige melkesyrebakteriene. Syrebaserte midler, saltbaserte og formalinliknende stoffer virker hemmende på gjæringa, selektivt eller ikke. (Pettersson & Lindgren, 1990)

Underdosering av ensileringsmidler er uheldig, spesielt for syrebaserte midler. Dette kommer av at også melkesyrebakteriene hemmes og en utilstrekkelig pH senkning gjør at det tar lengre tid før de kommer i gang igjen (Jørgensen, Kval-Engstad, & Mæhlum, 2020).

2.1.7 Lagringsmetode for grovfôr

Bruk av rundballer som lagringsmetode av grovfôr er mest brukt i Norge. I 2019 ble i overkant av 80% av graset konserverte i rundballer, mot 16% for silo (Bjørlo, 2020). Interessen for plansilo er derimot i vekst både i Nord-Amerika, Europa og Norge (Halvorsen, 2018). Interessen er størst for de større gårdene, og da gjerne innen melkeproduksjon. Med plansilo har man mulighet til økt kapasitet ved innlegging og uttak, men dette krever blant annet effektive høstemaskiner, rask innlegging og god pakking for å få til et godt surfôr med god gjæringskvalitet (Halvorsen, 2018).

2.1.8 Selvgående finsnittere - mekaniseringlinjer for gras

Det kan nyttes flere mekaniseringslinjer for gras i et opplegg med plansilo, men i denne oppgava blir selvgående finsnittere fra Claas (<https://www.claas.com/>) og John Deere (<https://www.deere.com/>) beskrevet.

Interessen for selvgående finsnittere har økt de siste årene i Norge. Norwegian Agro Machinery (Gardermoen, Norge, <https://norwegianagromachinery.no/>), som er importør av Claas maskiner til Norge, har blant annet opprettet fem kompetansesentre for finsnitteren Claas Jaguar, nettopp for å øke kompetansen og service på området. Per desember 2020 går det mer enn 60 selvgående finsnittere av merket Claas her til lands (Horgen, 2020).

Også i Felleskjøpet, som er importør av John Deere, er det stor interesse for både nye og brukte finsnittere.

Selvgående finsnittere er store høstemaskiner for grovfôr med opptil mange hundre hestekrefter. I utseende kan de minne litt om skurtreskere med hytta plassert langt fremme, sving på bakre hjulaksel og høsteaggregatet i front. På innsiden fungerer de derimot helt ulikt. Avlingen ledes inn i snitteren på en av tre måter; ved hjelp av en pick-up, mais-skjærebord eller høsteaggregat til helgrøde/helsæd. Førstnevnte brukes til å plukke opp en sammenraket streng av gras eller grønnfôr. Skjærebordet og høsteaggregatet brukes i tilfeller når man høster i stående åker. Prinsippet for høsting med selvgående finsnitter er mer eller mindre likt for både Claas og John Deere. Avlingen plukkes opp/kuttes og mates inn ved hjelp av høsteaggregatet. Komprimator-valser/matevalser presser avlingen sammen og fører den jevnt mot snitterrotoren. Snitterrotoren er utstyrt med flere titalls kniver og roterer med høy hastighet. Kuttelengden kan komme helt ned i bare noen millimeter, avhengig av antall kniver, innmatingshastighet og innstillinger. På snittere fra både John Deere og Claas kan snittelengden automatisk justeres på bakgrunn av målinger av tørrstoffinnholdet i avlingen. Etter snitterrotoren føres avlingen gjennom en «Multi Crop Cracker», også kalt maisknuser. Hensikten med denne er å knuse avlingen, spesielt harde kjerner som mais, slik at mer av fôret blir lettere fordøyelig. Deretter er det en akselerator/utkastervifte som blåser den finsnittede avlingen gjennom utkasterrøret og opp i en henger. I utkasterrøret kan det monteres en NIR-sensor (nærinfrarød spektroskopi) som analyserer næringsinnholdet og tørrstoffinnholdet i avlingen fortløpende. NIR-analysen kan blant annet brukes til automatisk dosering av ensileringsmidler for sikrere ensilering av avlingen. «Claas Quantimeter» er et kapasitetsmålingssystem hvor avbøyningen på den fremre og bakre komprimeringsvalsen

registreres. På bakgrunn av kalibreringsmodeller og tørrstoffmålinger kan avlingens mengde registreres. (Claas, u.å.) (John Deere, u.å.)

2.1.9 Grovfôrkostnader

I løpet av de siste tiårene har verken gjennomsnittlig avlingsmengde eller kvalitet på grovfôravlingen økt noe særlig. På samme tid har melkeytelsen økt, noe som kan forklares ved økt kraftfôrforbruk. (Haavik, 2018) I perioden 2016-2020 har prosjektet «Grovfôr 2020» blitt gjennomført. Prosjektet har blitt gjennomført med et mål om å bedre lønnsomheten ved å ta ut større avlinger av bedre kvalitet til lavere kostnader. Det overordna målet baserer seg på 20% høyere andel grovfôr per produserte liter melk og kg kjøtt. (Kval-Engstad, 2017)

Tall fra 2018 viser at gjennomsnittlig grovfôrkostnad i landet ligger på 2,67 kr per Fem (Førenheter-melk). (Haavik, 2018) Samtidig viser analysene at det er store forskjeller mellom de ulike landsdelene. Bruk som har stort driftsomfang kommer ut med lavere fôr-kostnader. Årsakene til høye fôrkostnader kan ha ulikt opphav fra gård til gård. Den største forskjellen i kostnadene finner sted i poster som husdyrgjødsel, rundballer og mineralgjødsel (Haavik, 2018). Maskinsamarbeid er derimot et tiltak som kan redusere noen kostnader.

For å kunne forbedre grovfôr dyrkinga på den enkelte gård må man ha kjennskap til hvilke grovfôravlinger man egentlig høster.

2.1.10 Avlingsregistrering – dagens metoder

Å vite hva som høstes på gården av grovfôr er viktig med tanke på driftsplanlegginga (Lunnan & Jørgensen, Avlingsregistreringar i eng, 2021). I tillegg er dette viktig informasjon når det skal gjøres agronomiske vurderinger og tiltak for å hente ut større verdier av enga. Dessverre kan avlingsregistrering i eng til tider være vanskelig og utfordrende (Long, Ketterings, Russell, Vermeulen, & DeGloria, 2016). Dette skyldes i hovedsak mangel på nøyaktig og effektivt måleutstyr.

På bakgrunn av at 80 % av grovfôret lagres som rundballer (Bjørlo, 2020) har det blitt enklere å få en oversikt over avlingsnivået ved å telle antall rundballer (Lunnan & Jørgensen, Avlingsregistreringar i eng, 2021). Å kun basere avlingsregistreringa på antall rundballer på et skifte eller per dekar er derimot en veldig upresis metode. Forskjellen i føreheter og tørrstoff i en godt fortørket rundball med høy energikonsentrasjon sammenlignet med en våt rundball med middels energikonsentrasjon kan være opptil dobbelt så stor (Nærland, 2021). For å kunne estimere avlingsnivået må man derfor også ha vekt på rundballene,

tørrstoffprosent og energikonsentrasjon. I praksis gjøres dette ved å veie et utvalg rundballer slik at man får ei gjennomsnittsvekt. Av ferdig ensilert grovfôr tas det ut en prøve som sendes til laboratorium for analyse. For tårnsilo og plansilo må det regnes ut volum og volumvekt dersom avlingsmengden skal beregnes.

Det er flere utfordringer knyttet til disse metodene. Avlingsnivået baseres på gjennomsnittet av noen få målepunkter, dersom det ikke blir tatt et stort antall prøver. Ofte er det også slik at de ulike skiftene har ulik engalder, botanisk sammensetning, jordart og geografisk plassering m.fl. Det er derfor stor grunn til å tro at avlingsnivået kan være svært forskjellig fra skifte til skifte. Hvor godt kommer lokale forskjeller fram når man da registrerer avlingsnivået? Det totale avlingsnivået på gården danner et godt grunnlag for driftsplanlegginga, men skal man forbedre agronomien og det dyrkingstekniske trengs det mer nøyaktige registreringer.

En forsøksbasert metode, som nå blir brukt av blant annet Norsk Landbruksrådgiving (NLR) (<https://www.nlr.no/>), baserer seg på å ta ut representative forsøksruter i enga til registrering. Forsøksrutene er gjerne noen kvadratmeter i areal og regnes om til dekar (daa). Registreringen gjøres ved at graset veies (kg gras/rute) og regnes om til tørrstoff når vekta kobles opp mot en representativ tørrstoffprøve. På den måten finner man avlingsmengden. Næringsinnhold og fôrverdi må derimot baseres på en analyse. (Gramstad, 2013) Metoden er tidkrevende og krever mange forsøksruter dersom formålet er å finne ut avlingsforskjeller på skiftet eller mellom skifter. For bønder vil den derfor være lite egnet i ei travel tid hvor graset egentlig skal høstes.

For å bestemme tørrstoffinnholdet kan det nyttes mikrobølgeovn eller stekeovn til å tørke bort vannet i avlingen. Metoden har derimot sine nøyaktighetsbegrensninger og er tidkrevende. Dette passer også dårlig inn i ei travel slåttetid. (Long, Ketterings, Russell, Vermeylen, & DeGloria, 2016)

I senere tid har teknologiske utviklinger inntatt markedet. Tine Rådgiving (<https://medlem.tine.no/>) har blant annet tatt i bruk en håndholdt NIR-sensor, kalt «X-NIR». Uten bruk av forbruksmateriell og på et lite øyeblikk kan den analysere tørrstoff, aske, råprotein og fiber (NDF og ADF) (Schei, 2017). X-NIR kan være et nyttig hjelpemiddel til for eksempel fôrplanlegging.

2.2 NIR sensorikk i høstmaskiner

2.2.1 HarvestLab

John Deere har i samarbeid med Carl Zeiss (<https://www.zeiss.com/>), utviklet en sensor til å analysere næringsinnholdet i gras, mais, luserne og helgrøde (Deere & company, 2019). «HarvestLab 3000» som den heter, baserer seg på NIR teknologi (Rubenschuh D. U., 2017). NIR-sensorer kommer i mange varianter og har ulike bruksområder (ABVista, 2018). John Deeres HarvestLab 3000 er utviklet for bruk i landbruket, hvor den i tillegg til bruk under innhøsting av grovfôr på en John Deere finsnitter også kan analysere husdyrgjødsel og brukes stasjonært til å analysere en fôrrasjon (Rubenschuh D. U., 2017).

Innen gras, mais, luserne og helgrøde er HarvestLab 3000 utviklet til å analysere tørrstoff (TS %). For gras og mais kan den i tillegg analysere rå-protein, stivelse (mais), rå-fiber (gras), ADF, NDF og rå-aske. Med mulighet til over 4000 målepunkter per sekund skal NIR-sensoren kunne gi en rask og representativ analyse av disse næringsstoffene fortløpende når avlingen høstes eller analyseres stasjonært (Rubenschuh D. U., 2017). Analysen fra HarvestLab 3000 knyttes opp mot en massestrømningssensor som registrerer forskyvningen av matevalsene ved et potensiometer (Long, Ketterings, Russell, Vermeulen, & DeGloria, 2016). Dermed registreres avlingsmengden i tørrstoff per arealenhet. I en studie fra USA hvor blant annet HarvestLab ble testet ble det konkludert med at fôrutbytte-monitoren var i stand til å beregne tørrstoff og tørrstoff-avling presist og nøyaktig, forutsatt god nok kalibrering (Long, Ketterings, Russell, Vermeulen, & DeGloria, 2016).

2.2.2 Claas NIR

På samme måte har også Claas utviklet en NIR-sensor til bruk på Jaguar finsnittere. Denne sensoren kan analysere tørrstoff innenfor området 20,1-74,9 %, råfett, råfiber, råaske, protein og sukker innenfor visse områder. I en test gjort av det tyske selskapet DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Tyskland) ble sensorens nøyaktighet på tørrstoff testet ut mot den offisielle referansemetoden, ovnstørkemetoden, hvor vannmengden tørkes bort i en ovn. Resultatene viste lite avvik sammenlignet med kontrollmålingen og alle prøvene lå innenfor 4% avvik. Sensoren ble derfor godkjent av DLG, for nøyaktigheten på tørrstoff-målingene i grovfôr (Rubenschuh D. , 2019). Virkemåten og prinsippet for begge sensorene baserer seg på samme teknologi.

2.2.3 Virkemåte NIR

Synlig lys befinner seg i området 400 til ca. 700 nanometer (nm) bølgelengde. Nærinfrarødt lys har bølgelengder akkurat lenger enn synlig lys og kjennes gjerne som varmestråling (780-2500 nm) (Undersander, 2006) (García-Sánchez, Galvez-Sola, Martínez- Nicolás, Muelas-Domingo, & Nieves, 2017). I artikkelen «*Uses and Abuses of NIR for Feed Analysis*» forklarer Undersander at på samme måte som refleksjonene fra synlig lys viser seg som farger, viser refleksjonene fra nærinfrarødt lys seg som for eksempel stivelse, protein og fett i en NIR-sensor (Undersander, 2006).

En NIR-sensor består i grove trekk av en lyskilde, et lysbrytningssystem (*beamsplitter system*), en prøveholder, en optisk detektor og et datasystem som kan behandle spektrene og innhentet informasjon (Berzaghi & Riovanto, 2009). I praksis sendes elektromagnetisk stråling, i form av nærinfrarødt lys mot prøven som skal analyseres, i dette tilfellet gras/grovfôr. Når nærinfrarøde lysstråler treffer organiske molekyler vil noe av lyset absorberes, overføres eller reflekteres avhengig av bølgelengden. Ulike organiske forbindelser har ulik evne til å absorbere nærinfrarødt lys og danner derfor grunnlaget for ulike spekter. Det som skjer på atomnivå er at når kovalente bindinger, som for eksempel O-H, N-H og C-H, mottar lys med riktig bølgelengde/energi starter de å vibrere. Vibrasjonene skjer ved at bindingene enten bøyer seg ved at vinkelen endrer seg, eller at bindingene strekker seg. Den optiske detektoren vil da registrere hvilke bølgelengder som er absorbert, overført og reflektert i spekteret.

(García-Sánchez, Galvez-Sola, Martínez- Nicolás, Muelas-Domingo, & Nieves, 2017)
(Berzaghi & Riovanto, 2009)

Spekteret som dannes innehar veldig mye informasjon om de organiske komponentene i prøven. Utfordringen ligger i å tolke resultatene og derfor kreves avanserte kalibreringsmodeller. En utfordring knyttet til dette er at absorpsjonstoppene til flere av de kjemiske forbindelsene overlapper i de samme områder i spekteret, noe som gjør innholdet vanskelig å beregne (Berzaghi & Riovanto, 2009). Det finnes egne kalibreringsmodeller for ferskt gras, ensilert gras (surfôr), fersk mais, ensilert mais, helgrøde og husdyrgjødsel (Deere & company, 2019). Disse kalibreringsmodellene er utviklet i andre land, hvor analysematerialer kan ha en litt forskjellig sammensetning enn under norske forhold. Kan dette ha noe og si for hvor bra sensoren fungerer under norske forhold?

Bruken av HarvestLab 3000 og Claas NIR baserer seg på mer presis høsting av grovfôr. Den kontinuerlige analysen fra sensorene i kombinasjon med mengdemåling og GPS-posisjoner vil danne grunnlaget for et avlingskart av høstet mengde og næringsstoffer på skiftet. Ved hjelp av avlingskart kan uproduktive felt identifiseres. Dette muliggjør stedsspesifikk forbedring (Long, Ketterings, Russell, Vermeulen, & DeGloria, 2016).

Avlingskartet kan også si noe om hva som fjernes av avling, og dermed næringsstoffer. For veldig husdyrtette områder er dette svært aktuelt. I New York State har man for eksempel ikke lov til å tilføre mer fosfor (P) enn det som fjernes med avlingen (Long, Ketterings, Russell, Vermeulen, & DeGloria, 2016). Kan dette bli et krav i Norge på sikt?

2.2.4 Presisjonslandbruk

HarvestLab 3000 er et hjelpemiddel innen presisjonslandbruk. En av verdens fremste bønder innen presisjonslandbruk, nederlenderen Jacob van den Borne, har beskrevet presisjonslandbruk som rette dyrkningstiltak, på rett sted til rett tid. (van den Borne Aardappelen, u.d.) I tillegg er det viktig at det gjelder flere gjentatte ganger, på flere steder og at mengden skal kunne reguleres. (van den Borne Aardappelen, u.d.)

Med presisjonslandbruk ønsker man å bruke innsatsmidlene så effektivt som mulig for å få produksjonen, balansen og avlingen så høy som mulig.

Grunnlaget for tiltakene som gjøres innen presisjonslandbruk baserer seg på avkastningspotensialet til et skifte. Dette potensialet er gitt ut ifra tre forhold; jordas potensiale, startmaterialets potensiale og værrets potensiale (van den Borne Aardappelen, u.d.). For å få en så god inntjening som mulig er det ønskelig å ta ut så mye som mulig av avkastningspotensialet. For å få til det kan man ta i bruk presisjonsteknikker, som for eksempel autostyring med GPS, seksjonskontoll, variabel tildeling, droner og i dette tilfellet sensorer i form av HarvestLab 3000 og Claas NIR.

3. Material og Metode

Fem personer med tilknytning til utstyr for avlingsregistrering på selvgående finsnittere ble intervjuet. Intervjuet ble gjennomført over telefon og samtalene ble tatt opp. Intervjuene fulgte mal for åpne individuelle intervjuer (Trost, 2010). Metoden er velegnet når relativt få enheter undersøkes og det ønskes en grundig beskrivelse av saken. Spørsmålene var åpne uten faste svaralternativer og ble gjennomført med personer som selv har erfaringer med avlingsregistreringer på selvgående finsnittere. Det ble stilt spørsmål rundt følgende punkter:

- Nytteverdi
- Nøyaktighet
- Brukervennlighet
- Automatisk justering av snittelengde
- Automatisk dosering av ensileringsmidler
- Andre erfaringer

Detaljer rundt personene som ble intervjuet er gjengitt i Tabell 1.

Tabell 1: Beskrivelse av intervjuobjekter.

| Intervjuobjekt | Område | Utstyr | Erfaringsmengde |
|--|----------------------|---|-----------------|
| Bjørn Dybo Breivik <i>Bonde / høstelag</i> | Vestfold og Telemark | Claas NIR sensor | 1 sesong |
| Egil Christopher Hoen <i>Bonde / høstelag</i> | Viken | John Deere HarvestLab | 3 sesonger |
| Harald Velde <i>Entreprenør/forhandler</i> | Vindafjord, Rogaland | Claas avlingsregistrering med tørrestoffmåler | 1 sesong |
| Morten Øverli <i>Bonde / entreprør</i> | Tynset, Innlandet | John Deere HarvestLab | 2 sesonger |

| | | | |
|--|---|-------|--|
| Espen Syljuåsen <i>Norwegian-Agro Machinery</i> | Kommunikasjons- og markedsføringsansvarlig | Claas | |
|--|---|-------|--|

Intervjuene med tatt opp og respondentene ble gjort klar over dette ved intervjustart. De samtykket også til at deres opplysninger kunne gjengis uten videre anonymisering.

Etter gjennomførte intervjuer ble svarene gransket, og viktige deler ble transkribert til tekst og anvendt i resultatdelen.

4. Resultater

4.1 Bjørn Dybo Breivik – Claas NIR

Høstertype: Claas Jaguar 950 (2018) med NIR sensor og avlingsregistrering
Antall sesonger: 1 sesong (etter 1. slått)
Sted: Vestfold og Telemark fylke

Nytteverdi:

Det følgende kom fram i samtale med brukeren Breivik (2021). Ved spørsmål om nytteverdi svarer Bjørn Dybo Breivik at høstelaget tidligere vurderte NIR sensor som for kostbart og de var usikre på nøyaktigheten. «*Det er jo egentlig verdiene i fôrprøven du tar ut i ettertid som gir deg hva du skal fôre med,*» la han til. Under en studietur til Danmark kom det også her fram litt blanda erfaringer.

Likevel skaffet Breivik seg NIR-sensor i 2020 på bakgrunn av nysgjerrighet, et godt tilbud og et ønske om å kunne registrere tørrstoffavling. Dette behovet oppstod da de fikk montert vekt på hengerne brukt til grashøsting. Videre forteller Breivik at høstedataene ikke er brukt til noe fôring eller gjødsling, men at nytteverdien ligger i å se avlingsmengde og variasjoner. I den første sesongen har det handlet mye om å få resultater og tilvarende arealer riktige. Dette har sammenheng med at de bruker ei 4-rotors samlerive med 15 meters arbeidsbredde. De har derfor brukt litt tid på å finne ut hva de registrerer, opp mot dette. Ellers forteller Breivik at de har brukt avlingsdataene fra maishøsting til å vurdere sorter ved å sammenligne avlingsmengde og næringsinnhold.

Nøyaktighet:

Når det gjelder nøyaktigheten sier Breivik, «*Generelt gir sensoren riktige indikasjoner.*» Videre legger han til at tørrstoffmålingene på gras ser ut til å fungere greit, mens verdiene for næringsinnhold, basert på deres erfaringer, er mindre nøyaktige. «*Her kan man heller ta ei fôrprøve.*»

Breivik påpeker interessen for stivelsesinnholdet i mais. «*Dette ser ut til å stemme greit når maisen er i det riktige vinduet på rundt 30% TS. Når du avviker den optimale tørrstoffprosenten, blir stivelsesverdien ikke riktig. Dette har vi sammenligna med fôrprøver.*»

Brukervennlighet:

Breivik forklarer at NIR-verdiene skal være kalibrert fra fabrikk, men at avlingsregistratoren må kalibreres jevnlig for å fungere riktig. «*Her ser vi stor nytte av å ha vekt på hengerne. På den måten er det enkelt å kalibrere ofte nok.*» Med det forklarer han at vekta i hengeren kan kontrolleres opp mot det NIR-sensoren sier den har fylt i hengeren. I ettertid forteller Breivik at den største jobben er å hente ut data, legge til kart og gjøre dette riktig og nøyaktig nok slik at tallene blir realistiske. «*Hvem skal betale for dette ved leiekjøring?*»

Automatisk justering av snittelengde:

Funksjonen for automatisk justering av snittelengde har Breivik ikke prøvd enda, men skal prøves i kommende sesong, da han ser at dette kan gi fordel for gjæringskvalitet og skape like forhold i siloen.

Automatisk dosering av ensileringsmidler:

Automatisk dosering av ensileringsmidler er heller ikke prøvd av Breivik. Dette kommer av at syre-baserte midler kjøres i et eksternt system for å unngå å tilsette dette inni maskinen. Breivik forteller at dette har vært prøvd før med uheldige konsekvenser. Videre påpeker han et viktig poeng: «*Det viktigste for kvaliteten i siloen er jo arbeidet som gjøres i forbindelse med pakking og det å legge tynne lag. Om man har NIR-sensor eller ikke spiller jo ingen rolle her.*»

Annet:

Til slutt legger Breivik til: «*Min erfaring er at hvis man skal vite hva man høster så er det tørrstoff og vekt som gjelder, og ta en fôrprøve å sammenligne med når du er ferdig.*»

4.2 Egil Christopher Hoen – John Deere HarvestLab

| | |
|------------------|--------------------------------------|
| Høstertype: | John Deere 8200i med HarvestLab 3000 |
| Antall sesonger: | 3 sesonger |
| Sted: | Eiker høstelag, Viken fylke |

Nytteverdi:

Det følgende kom fram i samtale med brukeren Hoen (2021). På spørsmålet om nytteverdi svarer Egil Christopher Hoen at høstedataene først og fremst brukes til å få en oversikt over hva som høstes, samt for å se variasjoner på jordet og mellom jorder. I tillegg ser Hoen nytte i å se hva som gir kvalitetsforskjeller og å vite hva man har høstet av kvalitet og mengde med tanke på fôrplanlegging.

Videre nevner Hoen at de har prøvd å lage gjødslingskart, men ikke noe utstrakt bruk. Han legger til, «*Variabel gjødseltildeling er jo et av bruksområdene, men det er jo veldig mange andre faktorer som spiller inn. Som supplement til annen info er den absolutt relevant.*»

I tillegg har Hoen kjørt noen storskala gjødslingsforsøk. Her kommer resultatene tydelig fram ved bruk av HarvestLab. Skyggevirkning fra kantsoner betyr mer enn de kunne forestille seg, har de også erfart.

Nøyaktighet:

Nøyaktigheten beskriver Hoen som god: «*Avlingsregistreringa er veldig nøyaktig når den er kalibrert inn. Dette må sjekkes både på mais og gras. Inntrykket vårt er at de også fungerer rimelig bra på mais og stivelse. Dette skal undersøkes videre med felleskjøpet.*»

Videre forklarer Hoen:

Om det skulle være et lite avvik på sensoren har vi konkludert med at vi har mer tillitt til målingene fra HarvestLab på bakgrunn av at sensoren tar målinger kontinuerlig av hele massen i motsetning til en fôrprøve som baseres på noen få punkter i siloen. HarvestLab har gjennomanalysert alt materialet som ligger i siloen. Når det er sagt er det viktig at det ligger nok bakgrunns-data i programvaren til sensoren fra norske forhold. NIR-sensoren blir jo aldri bedre enn de forutsetningene som det analyseres på bakgrunn av.

Ved høsting av veldig rått eller tørt gras erfares det derimot at det kan være litt avvik. Han påpeker også at det er viktigere å se variasjonene og ha en viss peiling av hva man har i siloen enn om sensoren er helt nøyaktig. «*Samtidig vil den jo ikke erstatte en fôrprøve av ferdig ensilert silo.*»

Brukervennlighet:

Brukervennligheten beskriver Hoen som oversiktlig og grei når man er kjent med John Deere-systemet og er litt data-interessert. Det hører også med litt ekstraarbeid i form av å rengjøre linsen.

Automatisk justering av snittelengde:

Hoen kjører kun med automatisk justering av snittelengde og har gode erfaringer med dette. Han forklarer at maskinen tidligere kunne tette seg ved høsting av vått gras i et hjørne. Med auto-innstillingen takler maskinen dette bedre. Han legger til: «*Det er også riktig i forhold til graskvaliteten av man skal ha ulik snittelengde ved ulikt tørrstoffinnhold.*»

Automatisk dosering av ensileringsmidler:

Automatisk dosering av ensileringsmidler brukes ved tilsetning av bakteriemidler i Hoen sitt tilfelle. Dette fungerer lett og fint. Når han tilsetter syre gjøres dette med fast dosering (L/min). «*Men da ser vi jo hvor mange tonn vi høster i timen og vi kan derfor justere dette enkelt manuelt,*» legger han til.

Annet:

Avslutningsvis forteller Hoen:

Når folk har spurt om sensoren sier jeg at det er bedre å gå ned i modell/utstyr på snitteren og heller kjøpe med en HarvestLab. Den burde man ikke spare inn på. Det er et veldig bra hjelpemiddel til å dyrke bedre grovfôr.

Som en indirekte effekt i høstlaget vårt setter vi oss ned med hver våre data og sammenligner resultater på bakgrunn av NIR-sensoren. Det trigger oss til å bli bedre grasdyrkere og dyrke bedre grovfôr.

Noen små utfordringer har det selvsagt vært i starten, men ville ikke vært foruten HarvestLab.

4.3 Harald Velde – Claas Avlingsregistrering

Høstertype: Claas Jaguar 850 med avlingsregistrering og tørrstoffmåler (uten NIR-sensor)

Antall sesonger: 1 sesong
Sted: Vats, Vindafjord i Rogaland

Nytteverdi:

Det følgende kom fram i samtale med Velde (2021). Harald Velde, som driver en Claas forhandler og driver med leiekjøring, forklarer at nytteverdien for dem ligger i å registrere mengde og tørrstoff, og kan med det gi fra seg avlingsdata ned på 2 dekar store skifter. I tillegg får de dokumentert nyttige data som dieselforbruk, eventuelle feilkoder og tidsforbruk. Det dreier seg også om å se avlingsvariasjoner.

Også Velde vurderte NIR til å være for kostbart i forhold til nytteverdien i deres tilfelle. Han påpeker at kundene uansett tar fôrprøve av ferdig ensilert fôr. *«Man kan ikke sette opp en fôrplan av hva som er lagt i siloen, men av hva som tas ut.»*

Nøyaktighet:

Når det kommer til nøyaktighet måler ikke Velde sin tørrstoffmåler lenger ned enn til 28% tørrstoff. Ved lavere tørrstoff vil det da bli feil. Sensoren var heller ikke kalibrert til fjorårets sesong. Erfaringene tydet da på at sensoren lå litt over fôrprøvene. Velde nevner også at på tredjelslåt har de utfordringer med at mengden som mates inn blir for liten. På avlingskartet blir avstanden mellom målepunktene større, men ved høy nok hastighet sitter de tett. Avlingsregistratoren virker bra, forteller Velde, men man må kontrollveie mange nok ganger til å kunne stole på det. Det kreves relativt store mengder gras til for å registrere og dette kan bli en utfordring ved lav fart på små stykker.

Brukervennlighet:

Velde beskriver systemet som veldig enkelt å bruke. Kalibrering av vekt gjøres enkelt så lenge man tar seg tid til å veie hengeren, fortsetter han. Kalibrering av tørrstoff må derimot i Velde sitt tilfelle gjøres manuelt ved å ta en prøve, tørke og veie den. Også Velde nevner arbeid i ettertid: *«I ettertid når man skal lage rapporter på utført arbeid er det litt tungt. Har brukt Excel litt til dette, men det spørs hva man er vandt til. Det er ikke alle tekniske målinger fra snitteren som er aktuelle for bonden vi har kjørt hos å få.»*

Automatisk justering av snittelengde:

På Velde sin snitter må dette gjøres manuelt. Velde forklarer at personen som pakker i siloen tar kontakt om det bør gjøres endringer.

Automatisk dosering av ensileringsmidler:

Velde forklarer at snitteren er utstyrt med 3 systemer for ensileringsmidler, hvorav 2 av dem kan dosere automatisk. Disse er lite brukt da det i hovedsak brukes syretilsetning som tilsettes via et eget system for å unngå syre i maskinen.

4.4 Morten Øverli – John Deere HarvestLab

Høstertype: John Deere 8200i

Antall sesonger: 2 sesonger

Sted: Tynset, Innlandet

Nytteverdi:

Det følgende kom fram i samtale med brukeren Øverli (2021). Morten Øverli forteller at per nå brukes avlingsdataene mest til å estimere avlingsmengde og se variasjoner på skiftet. HarvestLab tydeliggjør inntrykket av hvordan forholdene på jordet er. Ut over dette har han ikke gjort veldig mye på grunn av et ønske om å få kjørt den mer. Det skal også nevnes at avlingsdataene har blitt sammenlignet med en del fôrprøver og han følger nøye med under kjøring. Øverli har en plan om å etterhvert begynne å gjødsle etter avlingskart.

Nøyaktighet:

Ved spørsmål om nøyaktighet svarer Øverli: *«Sammenlignet med fôrprøver viser ikke sensoren veldig mye feil. Det vil jo ofte gå med både litt sukker og protein i ensileringsprosessen, så det blir nok ikke helt likt svar.»*

Også Øverli må kalibrere avlingsmengden opp mot vekta i hengeren. I motsetning til Breivik må han kjøre innom ei vekt. Når dette er gjort godt nok erfares avlingsmengden veldig nøyaktig, men han påpeker at ved store variasjoner i tørrstoff fra en dag til en annen må dette kalibreres på nytt. Øverli fortsetter: *«Sensoren analyserer jo alt som høstes, i motsetning til å*

stikke spydet i tre rundballer og ta ei prøve. Om det ikke er helt nøyaktig så ser man variasjonene og får de ut på et kart. Og dette ser ut til å stemme veldig bra.»

Brukervennlighet

Øverli opplever HarvestLab som enkel å bruke og han trenger ikke gjøre spesielt mye. Videre nevner han at kalibrering av avlingsmengde må til, men ellers er det bare å kjøre. Felleskjøpet har ellers oppdatert og kalibrert sensoren i forbindelse med service.

Automatisk justering av snittelengde:

I likhet med Hoen bruker Øverli denne funksjonen og ser at maskinen jobber aktivt for å endre snittelengda. Øverli påpeker at det er han som legger inn variasjonene i snittelengden ved de ulike tørrstoffnivåene; kortere ved tørt gras for bedre pakking, og lengre snittelengde ved vått gras for å drenere massen bedre.

Automatisk dosering av ensileringsmidler:

Øverli bruker automatisk dosering ved bruk av bakteriemidler. Ved syretilsetting har han, som de andre, et eksternt system som stilles inn manuelt, men her ser han jo avlingsmengden som høstes og kan dosere etter det.

Annet:

Tilslutt forteller Øverli:

Godt fornøyd og det har fungert bra. Skal begynne å bruke dataene litt mer etterhvert, men vil ha litt mer å sammenligne med før jeg for eksempel kan stole på det nok til å for eksempel gjødsle etter avlingskartet. Jo mer sensoren blir brukt jo mer data kan puttes inn og gjøre den bedre.

4.5 Espen Syljuåsen

Kommunikasjons- og markedsføringsansvarlig i Norwegian Agro Machinery – Claas

Nytteverdi:

Det følgende kom fram i samtale med Syljuåsen (2021). Espen Syljuåsen, som er kommunikasjons- og markedsføringsansvarlig i Norwegian Agro Machinery kommer med følgende svar til nytteverdien av NIR sensor:

Litt av bakgrunnen for denne teknikken er at bønder ønsker mer tall om hva som høstes hvor. Det er derfor først og fremst avlingsregistreringa som gir den største nytten og er mest inspirerende å få tallfestet. Går man videre inn i detaljene ligger det nok litt frem i tid at vi klarer å få noe verdi ut av det. Generelt er presisjonsjordbruk kommet dit i Norge at vi begynner å tilpasse mye mer av de tiltakene vi gjør og de innsatsmidlene vi tilfører basert på variasjoner i åkeren. Her kan vi da hente ut avlingskart og vi har da har et godt bilde av hvor vi avler hva. Det er dette gårdbrukere i første omgang er mest interessert i å investere i.

Videre forklarer Syljuåsen at dette kan gjøres i ulike trinn, hvor det første trinnet for eksempel er en tørrstoffmåler. I neste steg kan man måle avling for å se variasjoner og avlingsmengde, mens det øverste steget handler om NIR-sensoren som gir en enda mer detaljert analyse. Avlingsdata kan man da for eksempel gjødsle etter. Syljuåsen fortsetter:

NIR-verdiene er det litt mer usikkert rundt hva man omsetter av tiltak.

Visualisering av avlingsvariasjonene kan ofte være en a-ha opplevelse for mange og fortelle noe om omleggingsstrategi mm. Man får en del nytte før man rent konkret bruker resultatene til for eksempel gjødsling. Jo mer data man kan høste fra et skifte, jo mer riktige kan beslutningene våre bli.

Nøyaktighet:

Når det gjelder nøyaktigheten synes Syljuåsen vi har for lite erfaring i Norge med NIR sensorer til å kunne mene så mye om dette. Han har tillit til at produktet i seg selv er utviklet til å måle, men det trengs mer kontrollmåling. Det er ikke sikkert NIR sensoren passer perfekt under norske forhold helt enda.

Videre diskuterer Syljuåsen om vi sammenligner like målinger med hverandre. *«Er fôranalysen i en plansilo pålitelig? Analysen fra sensoren er jo et gjennomsnitt av et helt skifte og det er sjelden dette vil passe med fôranalysen.»*

Brukervennlighet:

Syljuåsen forklarer i likhet med de andre at det er enkelt å registrere avling, men det er en viktig forutsetning at utstyret er kalibrert slik at resultatene som kommer ut er så riktige som de kan bli. *«Vi skal nok ikke tro at vi får 100% nøyaktighet fordi det er mange faktorer som spiller inn.»* Syljuåsen nevner videre at lang tid mellom kalibrering gir mindre pålitelige resultater. Anbefalingene fra Claas har han fått opplyst til å være å kalibrere 2 ganger per skifte, men dette vil jo være avhengig av skiftestørrelse og arrondering. Uansett får man avdekket variasjoner og noen er bare ute etter dette. Sammenlignet med Danmark sier Syljuåsen at det finnes flere vekter til kontrollveiting der enn i Norge, men vogner med vekt er mer fleksibelt.

Automatisk innstilling av snittelengde:

Dette har Syljuåsen i mindre grad vært borti enda. Han henviser til at Claas Jaguar 900 serie har hydraulisk innmating som kan reguleres trinnløst og automatisk, mens Jaguar 800 serie har mekanisk girkasse hvor dette må bestemmes manuelt. Som flere har påpekt legger Syljuåsen til: *«Noe av det som bestemmer suksessen for godt fôr er jo at det blir tråkket godt og er godt pakket.»* I tillegg nevner Syljuåsen et viktig poeng: *«Har en oppfatning om at det blir snittet mye mellom 12 og 20 mm kanskje. Samtidig kan det stilles spørsmål til hva som er den mest gunstige snittelengden for kua.»*

Automatisk dosering av ensileringsmidler:

Når det gjelder automatisk dosering av ensileringsmidler nevner også Syljuåsen at det har blitt bygget på eksterne systemer for syre-tilsetning.

5. Diskusjon

Erfaringene rundt nytteverdien av utstyr til avlingsregistrering er samstemte på en del punkt. Behovet om å få en god oversikt over hva som høstes hvor og å kunne se variasjoner på skiftet nevnes hos alle. Når man får tallfestet disse verdiene visualiseres grovfôrproduksjonen på gården og det blir enklere å se hvor bra man har lykket. Så kan man stille spørsmål rundt hva som gjøres i neste steg. Hvordan bruker man resultatene for å forbedre grovfôrproduksjonen ytterligere?

Avlingskartet inneholder mye informasjon om hva man har høstet hvor. Velde nevnte sammenhengen mellom framdriftshastighet, størrelsen på ranken og hvor tett målingene for avlingsregistrering satt på kartet. Ved for lav hastighet og/eller liten mengde gras vil ikke avstanden mellom komprimator-valsene, som avlingsmengden registreres på bakgrunn av, bli stor nok til god registrering. Ved tredjeslått, spesielt i kombinasjon med små og dårlig arronderte skifter, vil det kunne gi et mindre detaljert avlingskart. Ei bred samlerive og/eller høyere fremdriftshastighet vil kanskje redusere denne feilkilden, men det spørres om det lar seg gjøre.

Samtidig vil arbeidsbredden til samleriva også påvirke hvor detaljert avlingskartet blir. Snitteren vil jo kun registrere avling der hvor den plukker opp avling. Kjører man med ei 15 meters samlerive vil avlingen da registreres i midten av et felt med en bredde på 15 meter. Med andre ord vil det bety at man kanskje ikke like enkelt vil se mindre avlings-variasjoner. Det kan derimot diskuteres hvor tett målingene burde sitte for å få et godt nok bilde på avlingsvariasjonene. Selvgående finsnittere er redskap som har stor kapasitet og dette burde jo utnyttes på en god måte. Ved stor arbeidsbredde på samleriva får man dessuten mindre kjøring med tunge maskiner, noe som er positivt med tanke på jordpakking. Hva som er riktig eller ikke blir derfor en vurderings- og behovssak.

Det eksisterer liten tvil om at avlingsregistrering er nyttig data for grovfôrprodusenten. Hvilken nytteverdi vil en maskinstasjon ha? Er grovfôrprodusenten villig til å betale litt ekstra for tjenester knyttet til avlingsregistrering? Hvor mye tid skal man bruke på kalibrering av utstyret før det går ut over inntjening? Eller dreier det seg mer om at det vil utgjøre et konkurransefortrinn i markedet? Velde, som bruker snitteren til en del leiekjøring, påpeker at de som eiere også får ut en del andre data som tidsforbruk på hvert skifte, dieselforbruk og eventuelle feilkoder osv.

Som Syljuåsen forklarer henter man mye informasjon bare ved å få visualisert avlingsdataene. I neste ledd kan avlingsdataene brukes helt konkret til å lage et gjødslingskart for variabel tildeling eller til andre presisjonstiltak. Dette med variabel gjødseltildeling har Hoen startet å prøve ut og Øverli nevner at det er en framtidig plan. Hoen har også kjørt noen storskala gjødslingsforsøk. Her kommer avlingsforskjellene veldig tydelig fram ved bruk av HarvestLab. Hvilke faktorer gjødseltildeling skal basere seg på kan diskuteres. I tillegg til faktorene fra avlingsregistreringa er for eksempel jordprøver interessante til å lage tildelingsfiler. Kanskje det på sikt kan lages modeller som kan kombinere flere faktorer for å optimalisere dette? I det store og det hele handler det om, som Syljuåsen sier: «Å tilpasse tiltak og innsatsmidler til variasjonene i skiftet».

Erfaringene viser at avlingsdataene i mindre grad blir brukt direkte til førplanlegging, men mer for å få en overordnet oversikt over innhøstet avling. Samtidig påpekes det at avlingsdataene ikke kan erstatte en grovfôrprøve. Det er tross alt fôret som tas ut av siloen som fôres med og ikke det som legges inn, i overført betydning. Med det menes de prosessene ved ensilering som påvirker næringsinnholdet og fôropptaket.

Når det gjelder nøyaktigheten er erfaringene delte, spesielt når det kommer til verdiene fra NIR-sensoren. Registrering av mengde ser ut til å fungere bra forutsatt jevnlig og nok kalibrering. Dette stemmer bra med DLG sin test av Claas NIR (Rubenschuh D. , 2019) og også med studien fra USA som omhandlet HarvestLab (Long, Ketterings, Russell, Vermeyleylen, & DeGloria, 2016). Samtidig er det flere som påpeker at om sensoren ikke er helt nøyaktig så ser man veldig tydelig variasjonene. Normalt sett sammenlignes verdiene fra sensoren med grovfôrprøver. Man kan spørre seg om dette er en riktig sammenligning og om det blir riktig at en grovfôrprøve basert på noen få punkter i en stor plansilo skal sammenlignes med sensorens verdier som har gjennomanalysert hele plansiloen. Videre kan man spørre seg om det blir riktig å sammenligne ferskt gras med ensilert gras. Egil Christopher Hoen nevner at nøyaktigheten i målingene nå skal undersøkes i samarbeid med Felleskjøpet. Det trengs nok nettopp mer dokumentasjon og riktigere sammenligninger av nøyaktigheten til å kunne få gode svar på disse spørsmålene.

Når det er sagt kan det stilles spørsmål til hvor nøyaktige verdiene må være for at de kan gi nytte. Grovfôr er vanskelig å registrere fordi man har mange ledd fra graset høstes til det fordøyes av husdyret. Hvert ledd er i seg selv interessant å registrere for å kunne optimalisere produksjonen, men både kvalitet og mengde kan gå tapt undervegs. I Halvorsens

masteroppgave (2018), «*Effekten av pakkemaskin i plansilo på kvaliteten av grassurfôr*» ble det totale tørrstofftapet i plansilo beregnet til 10,8% og 8,4% ved henholdsvis traktor og hjullaster. I disse tapene inngår de såkalte «usynlige tapene» hvor noe av tørrstoffet via de mikrobielle prosessene under ensileringen blir omgjort til gass. Hva hjelper det da at avlingsregistratoren er helt nøyaktig når det likevel vil være andre feilkilder? Av den grunn kan relative verdier være like interessante som absolutte verdier. Hvor stor feilmargin som kan aksepteres før resultatene gir lite nytte er derimot interessant å finne mer ut av.

Nøyaktigheten ved veldig vått eller tørt gras erfares derimot som noe mer usikker, ifølge Hoen. I tilfellet for Velde, som har en egen tørrstoffmåler, har denne en nedre begrensning på 28% TS. Breivik erfarer at stivelsesinnholdet i mais blir unøyaktig når tørrstoffprosenten avviker det optimale området rundt 30% TS. Hvorfor NIR-sensorene er unøyaktige under disse forholdene er usikkert. En mulig forklaring kan ha bakgrunn i at kalibreringsmodellene har mindre data å basere seg på i disse TS-områdene. Innenfor NIR-teknologien har vann den egenskapen at det absorberer infrarød stråling veldig sterkt. Prøver som har et høyt vanninnhold (>80%) vil derfor få et spekter som i stor grad domineres av vannets spekter (Büning-Pfaue, 2003). I den forbindelse kan det være nærliggende å tro at under våte forhold blir det mer teknisk krevende å få nøyaktige verdier.

Kan forskjeller i engas arts-sammensetning ha noe og si for nøyaktigheten? Er NIR sensorene tilpasset norske engfrø-blandinger? De ulike artene har ofte ulik utviklingshastighet, noe som gjør at ved likt høstetidspunkt befinner en art seg i et tidlig stadium i forhold til en annen art. Dette gir ulik energikonsentrasjon og ulikt næringsinnhold. Av andre mindre forskjeller kan bladgras og strågras nevnes, samt hvilken slått som høstes. Om slike mindre forskjeller i eng kan ha innvirkning på nøyaktigheten er vanskelig å besvare. Dette ligger nok litt frem i tid, men som Øverli sier: «*Jo mer sensoren blir brukt jo mer data kan puttes inn og gjøre den bedre.*»

Brukervennligheten for begge NIR sensorer beskrives som god, det er enkelt å bruke utstyret for avlingsregistrering. For å få tilfredsstillende nøyaktighet må den registrerte avlingsmengden kalibreres opp mot den reelle vekten i hengeren. Med vekt på hengeren er dette veldig lett å ifølge Breivik. Hos Velde, Hoen og Øverli gjøres dette ved å svinge innom ei vekt, noe som også fungerer fint. Dette forutsetter derimot at man har ei vekt tilgjengelig i nærheten. Ved lang avstand kan det kanskje bli færre målinger og det vil potensielt gå ut over

nøyaktigheten. For en maskinstasjon kan man stille spørsmål rundt hvor mye tid det vil lønne seg å bruke på veiing og kalibrering.

Noe av det som krever mest arbeid er etterarbeidet med innsamlet data. Skal avlingsdataene være riktige må de tilhørende arealene stemme. Breivik og Velde har erfart at det må gjøres en del etterarbeid med kartene. Dersom arealstørrelsen avviker fra virkeligheten, får man en tydelig feilkilde til avlingsmengden per dekar spesielt.

Både Øverli og Hoen har gode erfaringer med automatisk justering av snittelengde på bakgrunn av HarvestLabs tørrstoffmålinger. Breivik har tenkt å ta i bruk funksjonen på sin snitter og Velde justerer dette manuelt på bakgrunn av vurderinger fra vedkommende som pakker i siloen. Årsaken til at snittelengden justeres opp imot tørrstoffinnholdet baserer seg på at desto mer fortørket fôret er desto finere må det snittes for å få til god pakking (Selmer-Olsen & Randby, 2006). God pakking er i neste omgang helt essensielt for god gjæringskvalitet i plansiloen (Halvorsen, 2018). En side av denne saken er snittelengdens påvirkning av egenskaper til pakking, men på den andre siden, hvilken snittelengde er riktig i forhold til kua sin fordøyelse? I Selmer-Olsen og Randby (2006) sin undersøkelse av virkning av snittelengde på surfôropptaket kom de fram til at en kuttelengde ned til 20 mm vil ha potensiale til å øke grovfôropptaket. Grovfôr under 20 mm kuttelengde i kombinasjon med mye kraftfôr kan derimot utgjøre en risiko med tanke på for lite struktur (Selmer-Olsen & Randby, 2006). I et annet studie av Garmo *et al* (2008) ble også gjæring i vomma og fordøyeligheten undersøkt. De kom her fram til at det ikke var tegn til dårlig gjæring eller fordøyelighet som følge av liten kuttelengde (Garmo, Randby, Eknæs, Prestløkken, & Nørgaard, 2008). Den minste kuttelengden var vel og merke 24 mm i dette tilfellet. Basert på disse studiene tyder det på at kuttelengden ikke bør underskride 20mm.

Funksjonen som automatisk doserer ensileringsmidler er benyttet av Øverli og Hoen, mens Velde og Breivik har i liten grad eller ikke tatt i bruk funksjonen. Dette doseringssystemet blir derimot bare brukt til bakteriemidler eller andre midler som ikke tærer på maskinen. Ved syretilsetning, som benyttes mest, har de alle et eksternt system som doseres manuelt for å unngå å tilsette syre inne i maskinen. Dette tilsettes i utkasterrøret. Selv om doseringa gjøres manuelt (liter/min) vil man hele tiden se avlingsmengden og tørrstoffprosenten som høstes, og derfor blir det lettere å dosere riktig, erfares det. Om den automatiske doseringa har gitt bedre gjæringskvalitet er vanskelig å svare på. Det er mange andre faktorer, som pakking i silo, press, eventuelle jord og andre urenheter og næringsinnholdet i plantemassen som kan være

med å påvirke dette. Uansett om snittelengden og doseringa er perfekt må det ikke glemmes at pakkearbeidet i en plansilo er veldig viktig for gjæringskvaliteten.

I oppgava er det intervjuet brukere av to forskjellige merker, Claas og John Deere. Å gi et kvalitativt utsagt om hvilket merke som erfares best kan ikke gjøres i denne undersøkelsen på grunnlag av for lite tallmateriale. Dessuten er det ikke helt sammenlignbart heller fordi Hoen og Øverli har henholdsvis 3 og 2 sesonger med erfaringer mot 1 sesong for Breivik og Velde. Selv om brukervennligheten beskrives som god, trengs det kanskje en del erfaringer før man blir skikkelig kjent med utstyret? Erfaringsmengden må derfor legges litt til grunn i vurderingene her.

Intervjuet ble gjennomført over telefon med utgangspunkt i ganske åpne hovedspørsmål. Det ble videre spurt mer detaljert, men intervjuobjektene fikk også litt fritt spillerom innen hovedspørsmålene. For å ha fått mer konkrete og sammenlignbare erfaringer kunne intervjuet inneholdt mer spesifikke spørsmål eller det kunne vært brukt spørreskjemaer. Det ble vurdert slik at det var enklest å få gjennomført intervjuene på denne måten over telefon. Om en annen metode kunne framstilt resultatene på en bedre måte kan diskuteres.

6. Konklusjon

Gjennom denne undersøkelsen har fem personer med tilknytning til utstyr for avlingsregistrering på selvgående finsnittere i Norge blitt intervjuet om deres erfaringer.

Nytteverdien til utstyr for avlingsregistrering erfares først og fremst i forhold til å se avlingsvariasjoner på jorden ved bruk av avlingskart. Avlingsdata blir også noe brukt til variabel gjødseltildeling. Innen fôring blir avlingsdataene i mindre grad brukt til fôrplanlegging, men mer til å få en oversikt over avlingsmengde og kvalitet.

Brukervennligheten beskrives som god. Utstyret er enkelt å bruke forutsatt noen tekniske ferdigheter. For å få tilfredsstillende nøyaktighet må derimot avlingsmengden kalibreres jevnlig.

Nøyaktigheten er det delte meninger om. Avlingsmengden erfares nøyaktig med nok kalibreringer. NIR-sensorene, både innen mais og gras, erfares som mindre nøyaktige under spesielt våte og tørre forhold. Under mer normale forhold erfares sensorene mer riktige.

Automatisk justering av snittelengde erfares som nyttig med tanke på pakking i siloen.

Automatisk dosering av ensileringsmidler er mindre brukt til fordel for syretilsetting som gjøres manuelt på bakgrunn av avlingsdata.

Litteraturliste

- ABVista. (2018, juni). *abvista.com*. Hentet fra A guide to near infrared technology: <https://www.abvista.com/ABVista/media/Main/Products/Services/NIR-guide.pdf>
- Arstein, A. (2021, mars 10). *Forskar Liv Østrem, Nibio Fureneset: «Bruk breie artsblandingar til eng»!* Hentet fra grovfornett.nlr.no: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/vest/forskar-liv-ostrem-nibio-fureneset-bruk-breie-artsblandingar-til-eng>
- Büning-Pfaue, H. (2003). *Analysis of water in food by near infrared spectroscopy*. D-53115 Bonn, Germany: Institute of Food Science & Food Chemistry, University Bonn.
- Berzaghi, P., & Riovanto, R. (2009). Near infrared spectroscopy in animal science production: principles and applications. *Italian Journal of Animal Science Volume 8*, ss. 39-62.
- Bjørlo, B. (2020, Februar 20). *Gode engavlingar i 2019*. Hentet fra Statistisk sentralbyrå: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/gode-engavlingar-i-2019>
- Breivik, B. D. (2021, Mai 11). Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnittere. (O. Havn, Intervjuer)
- Claas. (u.å.). *Jaguar 980-930 finsnittere*. Hentet fra [claas.no](https://www.claas.no): <https://www.claas.no/blueprint/servlet/blob/1658670/e38b75fc322dc8ee17db5352fd6615b0/323184-23-dataRaw.pdf>
- Deere & company. (2019, july). HARVESTLAB 3000 value selling guide. Deere & company.
- Felleskjøpet. (2020). *Grovfôrkatalogen*. Hentet fra [Felleskjoepet.no](https://www.felleskjoepet.no): <https://www.felleskjoepet.no/alle-artikler/alle-artikler-planteproduksjon/artikler/grovforkatalogen/>
- García-Sánchez, F., Galvez-Sola, L., Martínez- Nicolás, J., Muelas-Domingo, R., & Nieves, M. (2017). Using Near-Infrared Spectroscopy in Agricultural Systems. I K. Kyprianidis, & J. Skvaril, *Developments in Near-Infrared Spectroscopy* (ss. 97-129). Rijeka: IntechOpen.

-
- Garmo, T., Randby, Å., Eknæs, M., Prestløyken, E., & Nørgaard, P. (2008). Effect of grass silage chop length on chewing activity and digestibility . *Grassland Science in Europe*, Vol. 13, ss. 810-812.
- Gramstad, R. (2013). *Avlingsregistrering i eng. Gjødsling med 3 kg P/daa*. Norsk Landbruksrådgivning Rogaland.
- Grønnerød, B. (1986). *Grasarter*. Ås - NLH: Institutt for plantekultur - Norges landbrukshøgskole.
- Grønnerød, B. (1993). Frøblandinger til eng og beite. I *Grovfôr dyrking - kompendium nr. 1* (ss. 3-24). Ås - NLH: Landbruksbokhandelen.
- Halvorsen, H. N. (2018). *Effekt av pakkemaskin i plansilo på kvaliteten av grassurfôr*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Haavik, T. B. (2018, Mai 24). *Grovfôr 2020: Kva har me lært so langt?* Hentet fra bondevennen.no: <https://www.bondevennen.no/fagartiklar/grovfor-2020-kva-har-me-laert-so-langt/>
- Hoen, E. C. (2021, Mai 12). Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnitte. (O. Havn, Intervjuer)
- Horgen, H. H. (2020, desember 16). *Etablerer kompetansesenter for claas jaguar*. Hentet fra mynewsdesk.com: <https://www.mynewsdesk.com/no/norwegian-agromachinery/pressreleases/etablerer-kompetansesentre-for-claas-jaguar-3059747>
- Jørgensen, S., Kval-Engstad, O., & Mæhlum, J.-E. (2020). *Ensilerings ABC*. Hentet fra Info.nlr.no: http://info.nlr.no/resources/12946/My_Documents/Grovfor/Ensilerings_ABC_2020.pdf
- John Deere. (u.å.). *8000-serien*. Hentet fra deere.no: <https://www.deere.no/assets/publications/index.html?id=8929f3f9#1>
- Knutsen, H. (2016). *Utsyn over norsk landbruk, tilstand og utviklingstrekk 2016*. Oslo/Ås: NIBIO.

- Kval-Engstad, O. (2017). *Mer, bedre og billigere grovfôr* . Hentet fra buskap.no: https://www.buskap.no/journal/2017/1/m-39/Mer,_bedre_og_billigere_grovf%C3%B4r
- Long, E., Ketterings, Q., Russell, D., Vermeulen, F., & DeGloria, S. (2016, Februar 1). Assessment of yield monitoring equipment for dry matter and yield of corn silage and alfalfa/grass. *Precision Agric 17*, ss. 546-563.
- Lunnan, T., & Ebbesvik, M. (2020, Juli 6). *Haustetidspunkt i eng*. Hentet fra Agropub: <https://www.agropub.no/fagartikler/haustetidspunkt-i-eng>
- Lunnan, T., & Ebbesvik, M. (2020, juli 6). *Konsekvensar av haustetidspunkt for avling og kvalitet*. Hentet fra agropub.no: <https://www.agropub.no/fagartikler/konsekvensar-av-haustetidspunkt-for-avling-og-kvalitet>
- Lunnan, T., & Jørgensen, M. (2021, mars 25). *Avlingsregistreringar i eng*. Hentet fra grovfornett.nlr.no: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/grovfor/avlingsregistreringar-i-eng>
- Moe, S. (2020, Februar 25). – *Gå ut av traktoren og grav i jorda di!* Hentet fra bondevennen.no: <https://www.bondevennen.no/fagartiklar/%e2%88%92-ga-ut-av-traktoren-og-grav-i-jorda-di/?fbclid=IwAR0iJV-DTg-FcqXD3guOEVGpCzkOI7AZSCZcLOXI5UxbLbHi7hpr9y9AiZs>
- Moen, R., & Fisknes, G. (2005). *Kompendium - Plantevekst og engdyrking*. Steinkjer: Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Molteberg, B. (2021, februar 24). *Bruker vi de rette frøblandingene?* Hentet fra grovfornett.nlr.no: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/arter-og-sorter/grovfor/de-rette-froblandingene>
- Nærland, K. H. (2021, Februar 24). *Rett pris på rundballer gir mer avling*. Hentet fra grovfornett.nlr.no: <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/grovfor/rundballpris>
- Pettersson, K. L., & Lindgren, S. (1990). The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass and Forage Science 45*, ss. 223-233.

-
- Rubenschuh, D. (2019). *CLAAS NIR Sensor - (FW: 1.30.7; calibration model: grass V4.1.1)*. Groß-Umstadt: DLG e. V.
- Rubenschuh, D. U. (2017). *HarvestLab 3000 (SW 132 – LKS 09/17)*. Kleve: DLG.
- Schei, I. (2017). Fôranalyser ute på garden. *Buskap*, s. Utgave 8.
- Selmer-Olsen, I., & Randby, Å. (2006). *Virkning av snittelengde på surfôropptaket*. Bioforsk - Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB.
- Syljuåsen, E. (2021, Mai 14). Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnittere . (O. Havn, Intervjuer)
- Torp, J. A. (2021, februar 17). *Fôrmais - grovfôr og kraftfôr i ett*. Hentet fra kornforum.nlr.no: <https://kornforum.nlr.no/fagartikler/grovfor/agder/formais-grovfor-og-kraftfor-i-ett>
- Trost, J. (2010). *Kvalitative intervjuer 4 utg. Studentlitteratur*. Sverige: Universitetet i Lund.
- Undersander, D. (2006). *Uses and Abuses of NIR for Feed Analysis* . Linden Dr: University of Wisconsin.
- van den Borne Aardappelen. (u.d.). *Wat is precisielandbouw?* Hentet fra <https://www.vandenborneaardappelen.com/>:
<https://www.vandenborneaardappelen.com/nl/precisielandbouw/wat-is-precisielandbouw>
- Velde, H. (2021, Mai 14). Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnittere . (O. Havn, Intervjuer)
- Ystad , E., Henriksen, J., Næss, G., Walland, F., & Steinshamn, H. (2020). *Grovfôrkostnader i norsk husdyrproduksjon - effekter av ulike valg i dyrking, høsting, konservering og utfôring av grovfôr*. Ås: NIBIO.
- Øverli, M. (2021, Mai 14). Avlingsregistrering i eng – NIR sensor på selvgående finsnittere . (O. Havn, Intervjuer)